

ΠΗΝΙΑ

Εισαγωγή

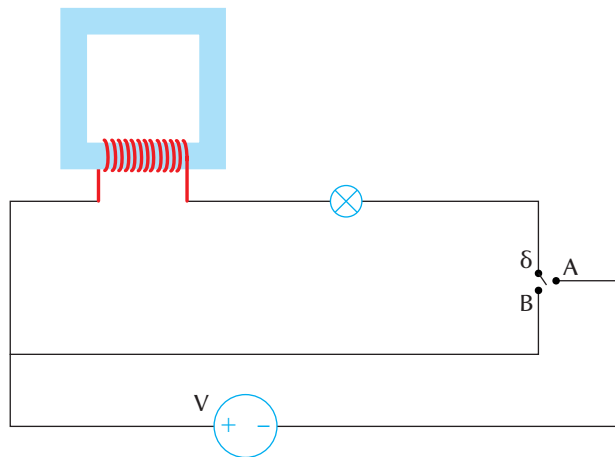
Στα πηνία αποθηκεύεται ηλεκτρική ενέργεια σε μορφή ενέργειας μαγνητικού πεδίου. Όταν μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα πηνίο, στο πηνίο εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή. Τα χαρακτηριστικά ενός πηνίου εκφράζονται από το συντελεστή αυτεπαγωγής. Η τιμή του συντελεστή αυτεπαγωγής ενός πηνίου εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πηνίου και από τη φύση του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο πυρήνας.

Τα πηνία, όπως και οι πυκνωτές, χρησιμοποιούνται σε ποικίλες εφαρμογές, όπως στα συντονιζόμενα κυκλώματα, στα ηλεκτρονικά φίλτρα, στα συστήματα ανάφλεξης των αυτοκινήτων.

Σκοπός του κεφαλαίου είναι η **κατανόηση** των ιδιοτήτων των πηνίων και των χαρακτηριστικών των κυκλωμάτων που προκύπτουν από διάφορους συνδυασμούς πηνίων.

8-1. Λειτουργία πηνίου – αυτεπαγωγή

Στο κύκλωμα του σχήματος 8-1 ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως είναι συνδεδεμένος με πηνίο. Στα άκρα του συστήματος είναι συνδεδεμένη πηγή συνεχούς ρεύματος μέσω διακόπτη δ.



Σχήμα 8.1. Όταν κλείσει ο διακόπτης δ, ο λαμπτήρας ανάβει, σταδιακά

Αρχικά ο διακόπτης δ βρίσκεται στη θέση Β, οπότε ο λαμπτήρας δεν φωτοβολεί. Όταν ο δ τοποθετηθεί στη θέση Α, διαπιστώνεται πως η ένταση της ακτινοβολίας αυξάνει σταδιακά μέχρι να φθάσει τη τελική της τιμή. Αυτό σημαίνει, πως η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, αυξάνει σταδιακά μέχρι να πάρει τη τελική της τιμή. Ακολούθως ο διακόπτης τοποθετείται από τη θέση Α στη θέση Β. Διαπιστώνεται πως ο λαμπτήρας σβήνει σταδιακά, που σημαίνει πως η ένταση του ρεύματος δεν μηδενίζεται ακαριαία αλλά σταδιακά. Το ότι το ρεύμα και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις, δεν φτάνει ακαριαία στη τελική τιμή οφείλεται στο φαινόμενο της επαγωγής. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο εσωτερικό ενός πηνίου δημιουργείται μαγνητικό πεδίο, όταν αυτό διαρρέεται από ρεύμα (βλ. παρ. 6-8). Η ένταση του μαγνητικού πεδίου εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος ($B = \mu_0 I \frac{n}{\ell}$).

Λόγω του μαγνητικού πεδίου από τις σπείρες του πηνίου υπάρχει μαγνητική ροή. Όταν μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος μεταβάλλεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου και τελικά μεταβάλλεται η μαγνητική ροή από τις σπείρες του πηνίου, επομένως στο πηνίο εμφανίζεται τάση από επαγωγή. Η επα-

γωγική τάση σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz έχει τέτοια φορά ώστε να αντιδρά στα αίτια που την προκαλούν. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το αίτιο είναι η μεταβολή της έντασης του ρεύματος. Επομένως η επαγωγική τάση εμφανίζεται με τέτοια πολικότητα που εμποδίζει την ένταση του ρεύματος να μεταβάλλεται και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μεσολάβηση κάποιου χρονικού διαστήματος μέχρι αυτή να φθάσει στη τελική της τιμή. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *αυτεπαγωγή* επειδή η μεταβολή της μαγνητικής ροής προκαλείται από το ίδιο το κύκλωμα.

Γενικότερα:

□ Αυτεπαγωγή ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζεται επαγωγική τάση σε έναν αγωγό, όταν μεταβάλλεται το ρεύμα που τον διαρρέει.

Αποδεικνύεται ότι, η τάση από αυτεπαγωγή δίνεται από τη σχέση.

$$V_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (8.1)$$

Ο συντελεστής αναλογίας της (8.1) ονομάζεται *συντελεστής αυτεπαγωγής*. Το μείον οφείλεται στον κανόνα του Lenz. Η μονάδα του συντελεστή αυτεπαγωγής στο S.I είναι το 1Henry, το οποίο ορίζεται ως $1 \frac{Vs}{A}$.

8-2. Συντελεστής αυτεπαγωγής

Πρέπει να σημειωθεί πως η αυτεπαγωγή είναι ένα φαινόμενο επαγωγής, επομένως η τιμή της τάσης από αυτεπαγωγή που εμφανίζεται σε ένα πηνίο όταν μεταβάλλεται το ρεύμα, δίνεται από τον νόμο του Faraday. Δηλαδή:

$$V_L = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

$$\text{Αλλά } \Delta \Phi = \Delta(BS) \Rightarrow \Delta \Phi = S \Delta B \Rightarrow \Delta \Phi = S \Delta \left(\mu_0 I \frac{n}{\ell} \right) \Rightarrow \Delta \Phi = S \mu_0 I \frac{n}{\ell} \Delta I \Rightarrow \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) συνεπάγεται:

$$V_L = - n \frac{S \mu_0 \frac{n}{\ell} \Delta I}{\Delta t} \Rightarrow V_L = - \mu_0 n^2 \frac{S}{\ell} \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (3)$$

$$\text{Όμως από την (8-1)} \quad V_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (4)$$

Οι (3) και η (4) έχουν τα πρώτα μέλη ίσα, άρα και τα δεύτερα. Επομένως:

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \mu_0 n^2 \frac{S}{\ell} \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$L = \mu_0 n^2 \frac{S}{\ell} \quad (8.2)$$

Στην περίπτωση που το πηνίο έχει πυρήνα στη σχέση (8.2) λαμβάνεται υπόψη και η μαγνητική διαπερατότητα μ του υλικού του πυρήνα, οπότε η (8.2) γίνεται:

$$L = \mu_0 \mu n^2 \frac{S}{\ell} \quad (8.3)$$

Από τη σχέση (8.3) γίνεται φανερό, πως ο συντελεστής αυτεπαγωγής εξαρτάται:

- Από τη φύση του υλικού του πυρήνα.
- Από τα γεωμετρικά στοιχεία του πηνίου.

Ας σημειωθεί η ομοιότητα της (8.3) και της $C = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{\ell}$, που δίνει την χωρητικότητα επιπέδου πυκνωτή.

Από τις σχέσεις (1) και (4) έπεται:

$$L \Delta I = n \Delta \Phi \quad (5).$$

Επειδή $\Phi=0$, όταν $I=0 \Rightarrow LI=n\Phi \Rightarrow$

$$L = \frac{n\Phi}{I} \quad (8.4)$$

Η σχέση (8.4) αποτελεί ισοδύναμο ορισμό του συντελεστή αυτεπαγωγής. Δηλαδή:

□ Συντελεστής αυτεπαγωγής ονομάζεται το πηλίκο της ολικής μαγνητικής ροής που διέρχεται από τις σπείρες πηνίου, προς το ρεύμα που το διαρρέει.

Με τον όρο ολική μαγνητική ροή εννοείται ο παράγοντας $n\Phi$.

8-3. Αμοιβαία επαγωγή

Στο κύκλωμα του σχήματος 8-2, δύο πηνία είναι τυλιγμένα στον ίδιο πυρήνα. Στα άκρα του ενός, το οποίο ονομάζεται *πρωτεύον*, είναι συνδεδεμένη πηγή συνεχούς ρεύματος μέσω ροοστάτη. Στα άκρα του άλλου, που ονομάζε-

ται δευτερεύον είναι συνδεδεμένο γαλβανόμετρο. Με τη βοήθεια του ροοστάτη μεταβάλλεται το ρεύμα του πρωτεύοντος, οπότε διαπιστώνεται, πως η βελόνη του γαλβανομέτρου αποκλίνει, που σημαίνει πως το δευτερεύον διαρρέεται από ρεύμα. Τα ίδια φαινόμενα διαπιστώνονται όταν τροφοδοτηθεί με την πηγή το δευτερεύον και το γαλβανόμετρο συνδεθεί στα άκρα του πρωτεύοντος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αμοιβαία επαγωγή. Δηλαδή:

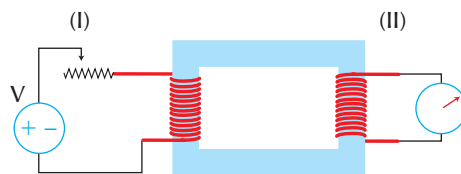
□ Αμοιβαία επαγωγή δύο πηνίων, που βρίσκονται σε σύζευξη ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζεται επαγωγική τάση στο δευτερεύον πηνίο, όταν μεταβάλλεται το ρεύμα του πρωτεύοντος και αντιστρόφως.

Η αμοιβαία επαγωγή μεταξύ δύο πηνίων εξηγείται ως εξής:

Στο εσωτερικό του πρωτεύοντος υπάρχει μαγνητικό πεδίο, αφού διαρρέεται από ρεύμα. Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του πρωτεύοντος, μέσω του πυρήνα, διέρχονται και από το δευτερεύον (μαγνητική σύζευξη). Όταν μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος στο πρωτεύον, μεταβάλλεται και η ένταση του μαγνητικού πεδίου. Επομένως μεταβάλλεται και η μαγνητική ροή από τις σπείρες του δευτερεύοντος, με αποτέλεσμα την εμφάνιση επαγωγικής τάσης. Όπως αποδεικνύεται η τάση από αμοιβαία επαγωγή στο δευτερεύον είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής του ρεύματος στο πρωτεύον.

$$V_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \quad (8.5)$$

Ο συντελεστής αναλογίας της (8.5) ονομάζεται συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής και μετρείται στο S.I. σε Henry.



Σχήμα 8.2. Η μεταβολή του ρεύματος στο πρωτεύον προκαλεί τάση στο δευτερεύον

Όπως και ο συντελεστής αυτεπαγωγής, έτσι και ο συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής μπορεί να ορισθεί ισοδύναμα ως:

□ Συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής δύο πηνίων, που βρίσκονται σε μαγνητική σύζευξη, ονομάζεται το πηλίκο της ολικής μαγνητικής ροής που περνά από το δευτερεύον, προς την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πρωτεύον.

$$M = \frac{n_2 \Phi_{12}}{I_1} \quad (8.6)$$

Αν το πρωτεύον και το δευτερεύον ανταλλάξουν ρόλους, δηλαδή αν τροφοδοτείται το δευτερεύον τότε ο συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής δίνεται από τη σχέση:

$$M = \frac{n_1 \Phi_{21}}{I_2} \quad (8.7)$$

8-3.1. Συντελεστές σύζευξης και σκέδασης

Δύο πηνία βρίσκονται σε στενή μαγνητική σύζευξη, όταν μεγάλο μέρος της μαγνητικής ροής, η οποία παράγεται στο ένα, περνά από τις σπείρες του άλλου. Στην αντίθετη περίπτωση η σύζευξη είναι χαλαρή.

□ Βαθμός σύζευξης ενός πηνίου ως προς ένα άλλο ονομάζεται το πηλίκο της μαγνητικής ροής, που περνά από το δευτερεύον προς τη συνολική ροή του πρωτεύοντος.

$$k_{12} = \frac{\Phi_{12}}{\Phi_1} \quad (8.8)$$

Αν το πρωτεύον και το δευτερεύον ανταλλάξουν ρόλους ο βαθμός σύζευξης του πηνίου (2) ως προς το (1) κατ' αναλογία είναι:

$$k_{21} = \frac{\Phi_{21}}{\Phi_2} \quad (8.9)$$

Από τη σχέση (8.8) έπεται:

$$\Phi_{12} = k_{12} \Phi_1 \quad (1)$$

Ομοίως από την (8.6):

$$\Phi_{12} = \frac{MI_1}{n_2} \quad (2).$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) συνεπάγεται:

$$\frac{M I_1}{n_2} = k_{12} \Phi_1 \Rightarrow M = k_{12} \frac{n_2 \Phi_1}{I_1} \quad (3)$$

Με όμοιο τρόπο από τις σχέσεις (8.7) και (8.9) αποδεικνύεται:

$$M = k_{21} \frac{n_1 \Phi_2}{I_2} \quad (4).$$

Από τον πολλαπλασιασμό των σχέσεων (3) και (4) συνεπάγεται:

$$M^2 = k_{12} k_{21} \left(\frac{n_1 \Phi_1}{I_1} \right) \left(\frac{n_2 \Phi_2}{I_2} \right) \quad (5).$$

Αλλά $\frac{n_1 \Phi_1}{I_1} = L_1$, και $\frac{n_2 \Phi_2}{I_2} = L_2$, οπότε η (5) γίνεται:

$$M^2 = k_{12} k_{21} L_1 L_2 \quad (6).$$

Ο συντελεστής $k = \sqrt{k_{12} k_{21}}$ ονομάζεται *συντελεστής σύζευξης* των δύο πηνίων. Η σχέση (6) τελικά γίνεται:

$$M = k \sqrt{L_1 L_2} \quad (8.10)$$

Από τη σχέση (8.10) γίνεται φανερό πως ο συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής εξαρτάται:

- Από τη φύση του υλικού του πυρήνα.
- Από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και των δύο πηνίων.

Ένας άλλος συντελεστής που αφορά τη σύζευξη δύο πηνίων είναι ο *συντελεστής σκέδασης*.

□ Συντελεστής σκέδασης δύο πηνίων ονομάζεται το πηλίκο του μέρους της ροής του πρωτεύοντος που δεν περνά από το δευτερεύον, προς την συνολική ροή του πρωτεύοντος.

$$\sigma_{12} = \frac{\Phi_{10}}{\Phi_1} \quad (8.11)$$

Κατ' αναλογία:

$$\sigma_{21} = \frac{\Phi_{20}}{\Phi_2} \quad (8.12)$$

Όπως πολύ εύκολα αποδεικνύεται:

$$k + \sigma = 1 \quad (8.13)$$

8-4. Ενέργεια μαγνητικού πεδίου πηνίου

Όπως ο πυκνωτής αποθηκεύει ενέργεια σε μορφή ενέργειας ηλεκτρικού πεδίου, έτσι και ένα πηνίο αποθηκεύει ενέργεια σε μορφή ενέργειας μαγνητικού πεδίου. Ένα πηνίο, που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής L , και διαρέεται από ρεύμα έντασης I , έχει ενέργεια μαγνητικού πεδίου:

$$W = \frac{1}{2} LI^2 \quad (8.14)$$

8-5. Συνδεσμολογίες πηνίων

Τα πηνία, όπως οι αντιστάσεις και οι πυκνωτές, μπορούν να συνδεθούν με διάφορους τρόπους. Οι βασικότερες συνδεσμολογίες είναι η *συνδεσμολογία πηνίων σε σειρά* και η *παράλληλη συνδεσμολογία πηνίων*.

❑ Ολικός συντελεστής αυτεπαγωγής συνδεσμολογίας πηνίων ονομάζεται ο συντελεστής αυτεπαγωγής πηνίου, το οποίο όταν αντικαταστήσει τη συνδεσμολογία αναπτύσσει την ίδια τάση από αυτεπαγωγή με τη συνδεσμολογία, για τον ίδιο ρυθμό μεταβολής του συνολικού ρεύματος.

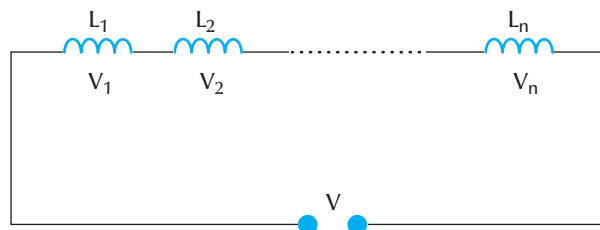
8-5.1. Συνδεσμολογία πηνίων σε σειρά (χωρίς σύζευξη)

Τα πηνία μίας συνδεσμολογίας πηνίων σε σειρά, διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα. Σύμφωνα με τον ορισμό η ολική αυτεπαγωγή της συνδεσμολογίας θα δίνεται από τη σχέση:

$$V = L_{\text{ολ}} \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (1)$$

Οι τάσεις των πηνίων είναι:

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \\ V_2 &= L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} \\ V_3 &= L_3 \frac{\Delta I}{\Delta t} \\ &\vdots \\ V_{v-1} &= L_{v-1} \frac{\Delta I}{\Delta t} \\ V_v &= L_v \frac{\Delta I}{\Delta t} \end{aligned} \right\} (2)$$



Σχήμα 8.3. Συνδεσμολογία πηνίων σε σειρά

Όπως είναι γνωστό:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_{v-1} + V_v \quad (3)$$

Από τις σχέσεις (1), (2) και (3) συνεπάγεται:

$$L_{\text{ολ}} \frac{\Delta I}{\Delta t} = L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} + L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} + L_3 \frac{\Delta I}{\Delta t} + \dots + L_{v-1} \frac{\Delta I}{\Delta t} + L_v \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$L_{\text{ολ}} \frac{\Delta I}{\Delta t} = (L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_{v-1} + L_v) \left(\frac{\Delta I}{\Delta t} \right) \Rightarrow$$

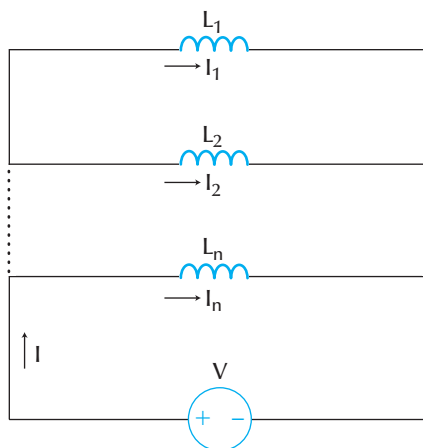
$$L_{\text{ολ}} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_{v-1} + L_v \quad (8.15)$$

8-5.2. Παράλληλη συνδεσμολογία πηνίων

Στην παράλληλη συνδεσμολογία πηνίων, όλα τα πηνία έχουν την ίδια τάση, είναι όμως διαφορετικός ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος στο καθένα.

Ο ολικός συντελεστής αυτεπαγωγής δίνεται από τη σχέση:

$$V = L_{\text{ολ}} \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V}{L_{\text{ολ}}} \quad (1)$$



Σχήμα 8.4. Παράλληλη συνδεσμολογία πηνίων

Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος για κάθε πηνίο είναι:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta I_1}{\Delta t} &= \frac{V}{L_1} \\ \frac{\Delta I_2}{\Delta t} &= \frac{V}{L_2} \\ \frac{\Delta I_3}{\Delta t} &= \frac{V}{L_3} \\ &\vdots \\ \frac{\Delta I_{v-1}}{\Delta t} &= \frac{V}{L_{v-1}} \\ \frac{\Delta I_v}{\Delta t} &= \frac{V}{L_v} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Όπως εύκολα προκύπτει από τον 1^ο κανόνα του Kirchhoff:

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I_1}{\Delta t} + \frac{\Delta I_2}{\Delta t} + \frac{\Delta I_3}{\Delta t} + \dots + \frac{\Delta I_{v-1}}{\Delta t} + \frac{\Delta I_v}{\Delta t} \quad (3)$$

Από τις σχέσεις (1), (2) και (3) έπεται:

$$\frac{V}{L} = \frac{V}{L_1} + \frac{V}{L_2} + \frac{V}{L_3} + \dots + \frac{V}{L_{v-1}} + \frac{V}{L_v} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_{v-1}} + \frac{1}{L_v} \quad (8.16)$$

8-5.3. Συνδεσμολογία πηνίων σε σειρά (με σύζευξη)

Ο ολικός συντελεστής αυτεπαγωγής δύο πηνίων, που βρίσκονται σε μαγνητική σύζευξη, επηρεάζεται από την αμοιβαία επαγωγή των δύο πηνίων. Σ' αυτή την περίπτωση ο ολικός συντελεστής αυτεπαγωγής δίνεται από τη σχέση:

$$L_{\text{ολ}} = L_1 + L_2 \pm k \sqrt{L_1 + L_2} \quad (8.17)$$

Το θετικό πρόσημο λαμβάνεται, όταν οι μαγνητικές ροές και των δύο πηνίων είναι ομόσημες και το αρνητικό στην αντίθετη περίπτωση.

8-6. Εφαρμογές

Εφαρμογή 1η

Πηνίο διαρρέεται από ρεύμα που μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό. Η τιμή της έντασης του ρεύματος από $I_1=3\text{A}$ γίνεται $I_2=1\text{A}$ σε χρόνο $\Delta t=2\text{ms}$. Αν η τάση από αυτεπαγωγή στο πηνίο είναι $V_L=10\text{V}$, να υπολογισθεί ο συντελεστής αυτεπαγωγής.

Λύση

Η τάση από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου είναι:

$$V_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (1)$$

Αλλά

$$\Delta I = I_2 - I_1 \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) έπεται

$$V_L = L \frac{I_1 - I_2}{\Delta t} \Rightarrow L = \frac{V_L \cdot \Delta t}{I_1 - I_2} \Rightarrow$$

$$L = \frac{10V \cdot 210^{-3}s}{3A - 1A} = 10^{-2} H$$

Εφαρμογή 2η

Πηνίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L=150\text{mH}$ και διαρρέεται από ρεύμα $I=2\text{A}$. Ο αριθμός των σπειρών του πηνίου είναι $n=100$. Να υπολογισθεί η μαγνητική ροή, που διέρχεται από κάθε σπείρα του πηνίου.

Λύση

Ο συντελεστής αυτεπαγωγής πηνίου δίνεται από τη σχέση:

$$L = \frac{n\Phi}{I} \Rightarrow \Phi = \frac{LI}{n} \Rightarrow$$

$$\Phi = \frac{150 \cdot 10^{-3} H \cdot 2A}{10^2} = 3\text{mWb}$$

Εφαρμογή 3η

Πηνίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L=100\text{mH}$. Οι σπείρες του έχουν διατομή $S=0,5\text{cm}^2$ και το μήκος του είναι $\ell=2\text{cm}$. Το πηνίο έχει $n=100$ σπείρες. Να υπολογισθεί η μαγνητική διαπερατότητα του πυρήνα $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}}$

Λύση

Ο συντελεστής αυτεπαγωγής σε συνάρτηση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πηνίου είναι:

$$L = \mu\mu_0 n^2 \frac{S}{\ell} \Rightarrow L \ell = \mu\mu_0 n^2 S \Rightarrow$$

$$\mu = \frac{L \ell}{\mu_0 \cdot n^2 \cdot S} \Rightarrow \mu = \frac{100 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}} \cdot 10^4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{10^4}{\pi}$$

Εφαρμογή 4η

Πηνίο έχει $n=100$ σπείρες και διαρρέεται από ρεύμα $I=1\text{A}$, οπότε η μαγνητική ροή που περνάει από κάθε σπείρα είναι $\Phi=4 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$. Να υπολογισθεί η ενέργεια που είναι αποταμιευμένη στο πηνίο.

Λύση

Η ενέργεια πηνίου δίνεται από τη σχέση:

$$W = \frac{1}{2} L I^2 \quad (1)$$

Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι:

$$L = \frac{n \Phi}{I} \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) έπεται:

$$W = \frac{1}{2} \frac{n \Phi}{I} I^2 \Rightarrow W = \frac{1}{2} n \Phi I \Rightarrow$$

$$W = \frac{1}{2} 100 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ Wb} \cdot 1\text{A} = 0,02\text{J}$$

Εφαρμογή 5η

Δύο πηνία βρίσκονται σε μαγνητική σύζευξη. Όταν το ρεύμα στο πρωτεύον μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό στο δευτερεύον εμφανίζεται επαγωγική

τάση $V_2=90\text{V}$. Αν συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής του συστήματος είναι $M=100\text{mH}$, να υπολογισθεί ο ρυθμός μεταβολής της έντασης στο πρωτεύον.

Λύση

Η επαγωγική τάση που εμφανίζεται στο δευτερεύον είναι:

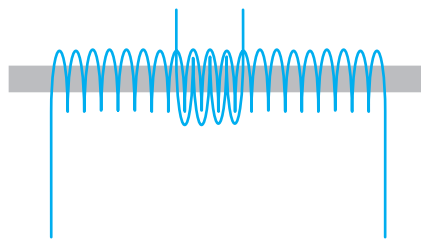
$$V_2 = M \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{V_2}{M} \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{90}{100 \cdot 10^{-3}} = 900 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

Εφαρμογή 6η

Μικρό πηνίο με $n=10$ σπείρες και σωληνοειδές είναι τυλιγμένα στον ίδιο πυρήνα όπως φαίνεται στο σχήμα. Οι σπείρες του σωληνοειδούς έχουν εμβαδόν $S = \pi \text{ cm}^2$. Το σωληνοειδές έχει $n^* = 2 \cdot 10^3 \frac{\sigma\pi}{\text{m}}$. Να υπολογισθεί ο συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής του συστήματος. Δίνεται η μαγνητική διαπερατότητα του πυρήνα $\mu=1000$. $\left(\pi^2 \approx 10, \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \right)$

Λύση



Αν υποτεθεί πως στο σωληνοειδές διαβιβάζεται ρεύμα σταθερής έντασης I_1 , τότε ο συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής του συστήματος θα είναι:

$$M = \frac{n \Phi_2}{I_1} \quad (1)$$

όπου Φ_2 η ροή που περνάει από κάθε σπείρα του πηνίου.

Επειδή το μικρό πηνίο βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο του σωληνοειδούς, η Φ_2 θα είναι:

$$\Phi_2 = B_1 S \quad (2)$$

όπου S το εμβαδόν κάθε σπείρας του σωληνοειδούς, που είναι ίσο με το εμβαδόν κάθε σπείρας του μικρού πηνίου.

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου που υπάρχει στο εσωτερικό του σωληνοειδούς είναι:

$$B_1 = \mu \mu_0 I_1 n^* \quad (3)$$

Από τις σχέσεις (2) και (3) έπεται:

$$\Phi_2 = \mu \mu_0 I_1 n^* S \quad (4)$$

Από τις σχέσεις (1) και (4) έπεται:

$$M = \frac{\mu \mu_0 I_1 n n^* \cdot S}{I_1} \Rightarrow M = \mu \mu_0 S n n^* \Rightarrow$$

$$M = 10^3 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}} \pi \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^3 \frac{\text{στ}}{\text{m}} = 8 \text{ mH}$$

Εφαρμογή 7η

Δύο πηνία έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

Μήκος, $\ell_1 = 8 \text{ cm}$ και $\ell_2 = 2 \text{ cm}$.

Σπείρες, $n_1 = 80$ και $n_2 = 40$

Εμβαδόν κάθε σπείρας $S_1 = 1 \text{ cm}^2$ και $S_2 = 2 \text{ cm}^2$. Ο πυρήνας και των δύο πηνίων είναι από το ίδιο υλικό που έχει μαγνητική διαπερατότητα $\mu = 1000$. Το σύστημα έχει συντελεστή αμοιβαίας επαγωγής $M = 0,0071 \text{ H}$. Να υπολογισθούν:

Ο συντελεστής σύζευξης και ο συντελεστής σκέδασης του συστήματος.

$$\text{Δίνεται } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

Λύση

Ο συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής του συστήματος είναι:

$$M = K \sqrt{L_1 L_2} \Rightarrow K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad (1)$$

όπου K ο συντελεστής σύζευξης των πηνίων.

Οι συντελεστές αυτεπαγωγής των δύο πηνίων αντίστοιχα είναι:

$$L_1 = \mu_0 \mu n_1^2 \frac{S_1}{\ell_1} \quad (2) \text{ και } L_2 = \mu_0 \mu n_2^2 \frac{S_2}{\ell_2} \quad (3)$$

Από τις σχέσεις (1) (2) (3) έπεται:

$$K = \frac{M}{\sqrt{\mu_0 \mu n_1^2 \frac{S_1}{\ell_1} \mu_0 \mu n_2^2 \frac{S_2}{\ell_2}}} \Rightarrow$$

$$K = \frac{M}{\mu_0 \mu n_1 n_2 \sqrt{\frac{S_1 S_2}{\ell_1 \ell_2}}} \Rightarrow$$

$$K = \frac{0,0071 \text{ H}}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot 40 \sqrt{\frac{10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{8 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}}}} = 0,5$$

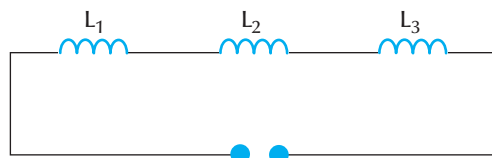
Ο συντελεστής σκέδασης του συστήματος είναι:

$$\sigma = 1 - K \Rightarrow \sigma = 1 - 0,5 \Rightarrow \sigma = 0,5$$

Εφαρμογή 8η

Τρία πηνία $L_1 = 2 \text{ mH}$, $L_2 = 6 \text{ mH}$ και $L_3 = 4 \text{ mH}$ συνδέονται σε σειρά. Κάποια χρονική στιγμή ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος είναι $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 2 \frac{\text{A}}{\text{s}}$ ποιά είναι η τιμή της τάσης στα άκρα της συνδεσμολογίας όταν τότε;

Λύση



Η τάση που τροφοδοτεί τη συνδεσμολογία είναι:

$$V = L_{\text{ολ}} \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (1)$$

Επειδή τα πηνία είναι συνδεδεμένα στη σειρά, ο συντελεστής αυτεπαγωγής του συστήματος θα είναι:

$$L_{\text{ολ}} = L_1 + L_2 + L_3 \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) (2) έπεται:

$$V = (L_1 + L_2 + L_3) \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow$$

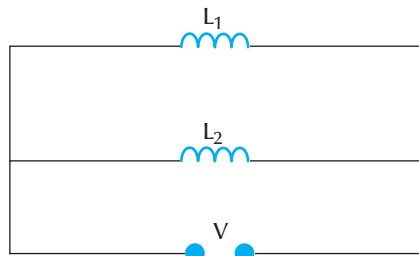
$$V = (2\text{mH} + 6\text{mH} + 4\text{mH}) \cdot 2 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 24\text{mV}$$

Εφαρμογή 9η

Δύο πηνία έχουν συντελεστές αυτεπαγωγής $L_1 = 3\text{mH}$ και $L_2 = 6\text{mH}$. Τα δύο πηνία συνδέονται παράλληλα και τροφοδοτούνται με τάση. Κάποια στιγμή ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο L_1 είναι: $\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 24 \frac{\text{A}}{\text{s}}$. Να υπολογισθούν:

- Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του συστήματος
- Η τιμή της τάσης τροφοδοσίας όταν $\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 24 \frac{\text{A}}{\text{s}}$
- Ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο L_2 , όταν $\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 24 \frac{\text{A}}{\text{s}}$.

Λύση



- α) Αφού τα πηνία συνδέονται παράλληλα, ο συντελεστής αυτεπαγωγής του συστήματος θα δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{1}{L_{\text{ολ}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \Rightarrow \frac{1}{L} = \frac{L_2 + L_1}{L_1 L_2} \Rightarrow$$

$$L_{\text{ολ}} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \Rightarrow L_{\text{ολ}} = \frac{3 \text{ mH} \cdot 6 \text{ mH}}{3 \text{ mH} + 6 \text{ mH}} = 2 \text{ mH}$$

- β) Η τάση τροφοδοσίας είναι:

$$V = L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow V = 3 \text{ mH} \cdot 24 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 72 \text{ mV}$$

- γ) Στα άκρα του L_2 υπάρχει η τάση τροφοδοσίας επομένως:

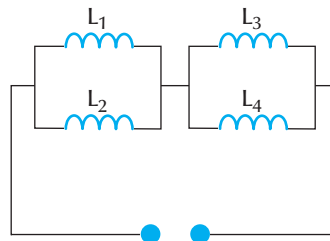
$$V = L_2 \frac{\Delta I_2}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = \frac{V}{L_2} \Rightarrow \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = \frac{72 \text{ mV}}{6 \text{ mH}} = 12 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

Εφαρμογή 10η

Για τη συνδεσμολογία του σχήματος δίνονται: $L_1=3\text{mH}$, $L_2=6\text{mH}$, $L_3=20\text{mH}$, $L_4=5\text{mH}$ και κάποια χρονική στιγμή $\frac{\Delta I_2}{\Delta t} = 200 \frac{\text{A}}{\text{s}}$. Να υπολογισθούν:

- α) Ο συντελεστής αυτεπαγωγής της συνδεσμολογίας
 β) Ο ρυθμός μεταβολής της έντασης και η τάση σε κάθε πηνίο, όταν $\frac{\Delta I_2}{\Delta t} = 200 \frac{\text{A}}{\text{s}}$.
 γ) Η τιμή της τάσης τροφοδοσίας όταν $\frac{\Delta I_2}{\Delta t} = 200 \frac{\text{A}}{\text{s}}$.

Λύση

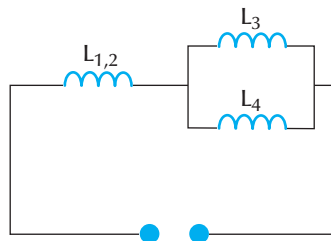


α) Τα πηνία L_1 και L_2 είναι συνδεδεμένα παράλληλα επομένως:

$$\frac{1}{L_{12}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \Rightarrow \frac{1}{L_{12}} = \frac{L_2 + L_1}{L_1 L_2} \Rightarrow$$

$$L_{12} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \Rightarrow L_{12} = \frac{3 \text{ mH} \cdot 6 \text{ mH}}{3 \text{ mH} + 6 \text{ mH}} = 2 \text{ mH} .$$

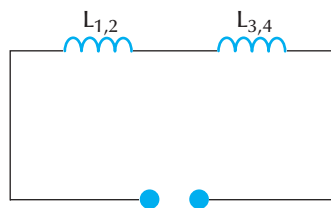
Επομένως το κύκλωμα μετασχηματίζεται στο ισοδύναμο:



Ομοίως τα L_3 και L_4 είναι συνδεδεμένα παράλληλα επομένως:

$$L_{34} = \frac{L_3 L_4}{L_3 + L_4} \Rightarrow L_{34} = \frac{20 \text{ mH} \cdot 5 \text{ mH}}{20 \text{ mH} + 5 \text{ mH}} = 4 \text{ mH}$$

Το κύκλωμα μετασχηματίζεται στο:



Τα L_{12} και L_{34} είναι συνδεδεμένα στη σειρά επομένως:

$$L_{o\lambda} = L_{12} + L_{34} \Rightarrow L_{o\lambda} = 2 \text{ mH} + 4 \text{ mH} \Rightarrow L_{o\lambda} = 6 \text{ mH} .$$

β) Η τάση στο L_2 θα είναι:

$$V_2 = L_2 \frac{\Delta I_2}{\Delta t} \Rightarrow V_2 = 6 \text{ mH} \cdot 200 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 1,2 \text{ V}.$$

Επειδή το L_1 και το L_2 είναι συνδεδεμένα παράλληλα $V_1 = V_2 \Rightarrow V_1 = 1,2 \text{ V}$

$$\Rightarrow V_1 = L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{V_1}{L_1} \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{1,2 \text{ V}}{3 \text{ mH}} = 400 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

Ο ρυθμός μεταβολής της ολικής έντασης θα είναι:

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I_1}{\Delta t} + \frac{\Delta I_2}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = 200 \frac{\text{A}}{\text{s}} + 400 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 600 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

Επομένως η τάση στο L_{34} θα είναι:

$$V_{34} = L_{34} \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow V_{34} = 4 \text{ mH} \cdot 600 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 2,4 \text{ V}$$

Αλλά επειδή L_3 και L_4 είναι συνδεδεμένα παράλληλα

$$V_{34} = V_3 = V_4 = 2,4 \text{ V}$$

Οπότε ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στα L_3 και L_4 υπολογίζονται ως εξής

$$V_3 = L_3 \frac{\Delta I_3}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I_3}{\Delta t} = \frac{V_3}{L_3} \Rightarrow \frac{\Delta I_3}{\Delta t} = \frac{2,4 \text{ V}}{20 \text{ mH}} = 120 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

$$\text{και } V_4 = L_4 \frac{\Delta I_4}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I_4}{\Delta t} = \frac{V_4}{L_4} \Rightarrow \frac{\Delta I_4}{\Delta t} = \frac{2,4 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = 480 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

γ) Η τάση τροφοδοσίας είναι:

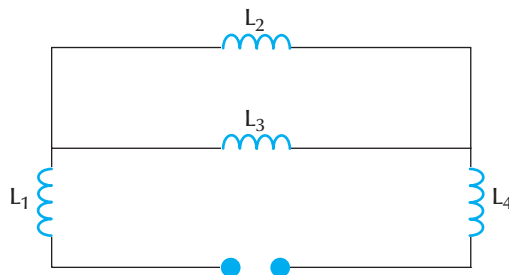
$$V = V_{12} + V_{34} \Rightarrow V = 1,2 \text{ V} + 2,4 \text{ V} = 3,6 \text{ V}$$

Εφαρμογή 11η

Οι τιμές των συντελεστών αυτεπαγωγής των πηνίων της συνδεσμολογίας του σχήματος είναι:

$L_1=2\text{mH}$, $L_2=6\text{mH}$, $L_3=12\text{mH}$ και $L_4=4\text{mH}$. Αν η τάση στο L_2 είναι $V_2=4,8\text{V}$. Να υπολογισθούν:

- α) Ο συντελεστής αυτεπαγωγής της συνδεσμολογίας
- β) Η τάση και ο ρυθμός μεταβολής της έντασης σε κάθε πηνίο, όταν $V_2=4,8\text{V}$
- γ) Η τιμή της τάσης τροφοδοσίας όταν $V_2=4,8\text{V}$

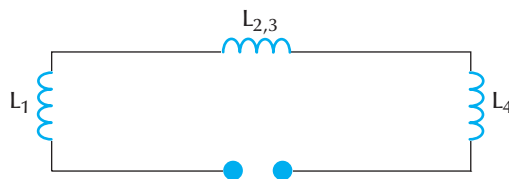


Λύση

- α) Τα πηνία L_2 και L_3 είναι συνδεδεμένα παράλληλα, επομένως

$$L_{23} = \frac{L_2 L_3}{L_2 + L_3} \Rightarrow L_{23} = \frac{6\text{mH} \cdot 12\text{mH}}{6\text{mH} + 12\text{mH}} = 4\text{mH}$$

οπότε το κύκλωμα μετασχηματίζεται:



Τα L_1 , $L_{2,3}$ και L_4 είναι συνδεδεμένα στη σειρά, επομένως:

$$L_{\text{ολ}} = L_1 + L_{2,3} + L_4 \Rightarrow L_{\text{ολ}} = 2\text{mH} + 4\text{mH} + 4\text{mH} = 10\text{mH}$$

- β) Ο ρυθμός $\frac{\Delta I_2}{\Delta t}$ θα είναι

$$\frac{\Delta I_2}{\Delta t} = \frac{V_2}{L_2} \Rightarrow \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = \frac{4,8\text{V}}{6\text{mH}} = 800 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

Επειδή το L_3 είναι παράλληλο προς το L_2 $V_2=V_3=4,8\text{V}$, οπότε ο ρυθμός $\frac{\Delta I_3}{\Delta t}$ είναι

$$\frac{\Delta I_3}{\Delta t} = \frac{V_3}{L_3} \Rightarrow \frac{\Delta I_3}{\Delta t} = \frac{4,8\text{ V}}{12\text{ mA}} = 400 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

Ο ρυθμός μεταβολής της ολικής έντασης θα είναι:

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I_2}{\Delta t} + \frac{\Delta I_3}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = 800 \frac{\text{A}}{\text{s}} + 400 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 1200 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

Επειδή το L_1 , το $L_{2,3}$ και L_4 είναι συνδεδεμένα σε σειρά:

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{\Delta I_4}{\Delta t} = \frac{\Delta I}{\Delta t} = 1200 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

$$\text{Επομένως } V_1 = L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 2\text{ mH} \cdot 1200 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 2,4\text{ V}$$

$$\text{και } V_4 = L_4 \frac{\Delta I_4}{\Delta t} = 4\text{ mH} \cdot 1200 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 4,8\text{ V}$$

γ) Η τιμή της τάσης τροφοδοσίας είναι:

$$V = V_1 + V_{2,3} + V_4 \Rightarrow V = 2,4\text{V} + 4,8\text{V} + 4,8\text{V} = 12\text{V}$$

8-7. Προβλήματα προς λύση

1^ο Πηνίο έχει μήκος $\ell=2\pi\text{ cm}$, $n=100$ σπείρες και πυρήνα με μαγνητική διαπερατότητα $\mu=1000$. Το εμβαδόν κάθε σπείρας του πηνίου είναι $S=0,5\text{cm}^2$. Το ρεύμα του πηνίου αυξάνεται με σταθερό ρυθμό, οπότε στα άκρα του πηνίου επάγεται τάση $V=2\text{V}$. Κάποια χρονική στιγμή η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο είναι $I_1=2\text{A}$. Να υπολογισθεί η ένταση του ρεύματος μετά χρόνο $\Delta t=10\text{ms}$ ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{A} \cdot \text{m}}$)

(4A)

2^ο Η μαγνητική ροή, που περνάει από κάθε σπείρα ενός πηνίου, είναι $\Phi=0,01\text{Wb}$, όταν διαρρέεται από ρεύμα $I=1\text{A}$. Το πηνίο έχει $n=100$ σπεί-

ρες. Το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό, οπότε στο πηνίο επάγεται τάση $V=100\text{V}$. Να υπολογισθεί το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο η ένταση του ρεύματος μεταβάλλεται κατά $\Delta I=0,1\text{A}$.

$$(\Delta t=1\text{ms})$$

3^ο Πηνίο είναι ομοιόμορφα τυλιγμένο σε πυρήνα με μαγνητική διαπερατότητα $\mu=1000$. Το πηνίο έχει $n^*=10^3 \frac{\text{σπείρες}}{\text{m}}$ και συντελεστή αυτεπαγωγής $L=0,1\pi\text{H}$. Να υπολογισθεί ο όγκος του πυρήνα $\left(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{A} \cdot \text{m}}\right)$ $(2,5 \cdot 10^{-4}\text{m}^3)$

4^ο Ένα πηνίο που διαρρέεται από ρεύμα έχει αποταμιεύσει ενέργεια μαγνητικού πεδίου $W=2 \cdot 10^{-2}\text{J}$. Η μαγνητική ροή που διέρχεται από κάθε σπείρα του πηνίου είναι $\Phi=0,02\text{Wb}$. Το πηνίο έχει $n=100$ σπείρες. Να υπολογισθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

$$(20\text{mA})$$

5^ο Δύο πηνία έχουν συντελεστές αυτεπαγωγής $L_1=20\text{mH}$ και $L_2=80\text{mH}$ αντίστοιχα. Τα πηνία βρίσκονται σε σύζευξη και όταν στο πρωτεύον η ένταση του ρεύματος μεταβάλλεται με ρυθμό $\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 125 \frac{\text{A}}{\text{s}}$ στο δευτερεύον επάγεται τάση $V_2=4\text{V}$. Να υπολογισθεί ο συντελεστής σκέδασης του συστήματος.

$$(\sigma=0,2)$$

6^ο Δύο πηνία βρίσκονται σε σύζευξη. Στο πρωτεύον, που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L_1=100\text{mH}$, η ένταση του ρεύματος μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό $\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 10^2 \frac{\text{A}}{\text{s}}$. Το δευτερεύον έχει $n_2=200$ σπείρες και το εμβαδόν κάθε σπείρας είναι $S=1\text{cm}^2$. Ο πυρήνας του δευτερεύοντος έχει μαγνητική διαπερατότητα $\mu=500\pi$. Ο συντελεστής σκέδασης του συστήματος

είναι $\sigma=0,1$. Αν η τάση που επάγεται στο δευτερεύον είναι $V_2=9V$, να υπολογισθεί το μήκος του δευτερεύοντος ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{A \cdot m}$, $\pi^2 \approx 10$)

(8cm)

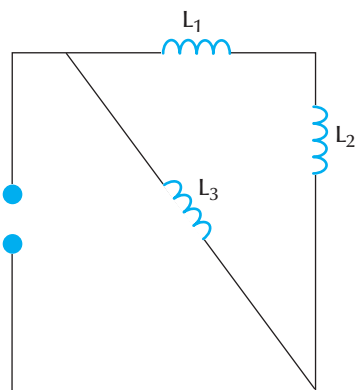
7^ο Δύο πηνία βρίσκονται σε σύζευξη. Όταν το πρωτεύον διαρρέεται από ρεύμα $I_1=1A$, η μαγνητική ροή που περνάει από τις σπείρες του δευτερεύοντος είναι $\Phi=0,5mWb$. Η ένταση του ρεύματος στο πρωτεύον αυξάνεται με σταθερό ρυθμό, οπότε στο δευτερεύον απάγεται τάση $V_2=100V$. Αν το πρωτεύον κάποια στιγμή διαρρέεται από ρεύμα $I_{11}=3A$, να υπολογισθεί η ένταση του μετά χρόνο $\Delta t=1mS$. Δίνεται ο αριθμός των σπειρών του δευτερεύοντος $n_2=100$ σπείρες.

(5A)

8^ο Στο κύκλωμα του σχήματος, $L_1=2mH$, $L_2=4mH$ και $L_3=3mH$. Η τάση του L_1 είναι $V_1=2V$. Να υπολογισθούν:

α) Ο συντελεστής αυτεπαγωγής της συνδεσμολογίας

β) Η τάση και ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος για κάθε πηνίο, όταν $V_1=2V$.



$$\begin{aligned} (L_{\text{ολ}} &= 2mH \\ (V_1 &= 2 \quad \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 10^3 \frac{A}{s} \\ V_2 &= 4V \quad \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = 10^3 \frac{A}{s} \\ V_3 &= 6V \quad \frac{\Delta I_3}{\Delta t} = 2 \cdot 10^3 \frac{A}{s}) \end{aligned}$$

9^ο Τρία πηνία $L_1=3mH$, $L_2=12mH$ και L_3 είναι συνδεδεμένα παράλληλα. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής της συνδεσμολογίας είναι $L=1,5mH$. Να υπολογισθεί ο συντελεστής αυτεπαγωγής L_3 .

(4mH)

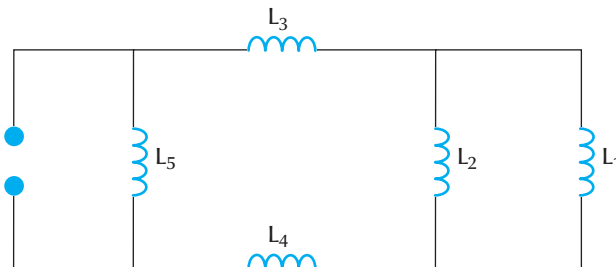
10^ο Οι συντελεστές αυτεπαγωγής των πηνίων του κυκλώματος, που φαίνεται στο σχήμα, είναι ίσοι μεταξύ τους:

$$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = 14 \text{ mH}$$

Κάποια στιγμή η τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος έχει την τιμή $V = 7 \text{ V}$.
Να υπολογισθούν

α) Ο συντελεστής αυτεπαγωγής της συνδεσμολογίας

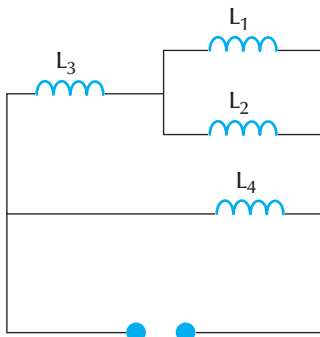
β) Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος σε κάθε πηνίο, όταν $V = 7 \text{ V}$.



$$(L_{\text{ολ}} = 10 \text{ mH}, \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = 100 \frac{\text{A}}{\text{s}} \\ \frac{\Delta I_3}{\Delta t} = \frac{\Delta I_4}{\Delta t} = 200 \frac{\text{A}}{\text{s}}, \frac{\Delta I_5}{\Delta t} = 500 \frac{\text{A}}{\text{s}})$$

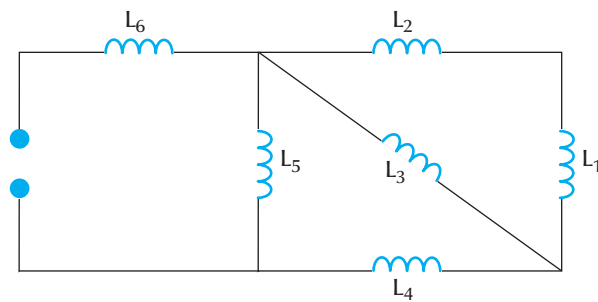
11^ο Για το κύκλωμα του σχήματος δίνονται:

$L_1 = 20 \text{ mH}$, $L_2 = 5 \text{ mH}$, $L_3 = 2 \text{ mH}$, $L_4 = 3 \text{ mH}$ και $\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 1000 \frac{\text{A}}{\text{s}}$. Να υπολογισθεί ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος σε κάθε πηνίο.



$$\left(\frac{\Delta I_2}{\Delta t} = 4 \cdot 10^3 \frac{\text{A}}{\text{s}} \right. \\ \frac{\Delta I_3}{\Delta t} = 5 \cdot 10^3 \frac{\text{A}}{\text{s}} \\ \left. \frac{\Delta I_4}{\Delta t} = 10^4 \frac{\text{A}}{\text{s}} \right)$$

- 12^ο** Να υπολογισθεί ο συντελεστής αυτεπαγωγής του κυκλώματος του σχήματος. Δίνονται:
 $L_1=20\text{mH}$, $L_2=15\text{mH}$, $L_3=14\text{mH}$, $L_4=10\text{mH}$, $L_5=5\text{mH}$ και $L_6=8\text{mH}$.



(12mH)